

# Représentation virtuelle d'un produit dans le processus de conception centrée utilisateur : Cas d'un seau à Champagne

J. GARDAN<sup>a</sup>, L. ROUCOULES<sup>b</sup>

*a. AZTECH, Recherche et développement d'identification de nouveaux produits et procédés, Spécialisation Prototypage Rapide, 4 place Henri Manceau, 08390 Marquigny (France),  
Email : [julien.gardan@aztech-innovation.com](mailto:julien.gardan@aztech-innovation.com)*

*b. Arts et Métiers ParisTech, CNRS,  
LSIS, 2, cours des Arts et Métiers, 13617 Aix-en-Provence (France), Email : [Lionel.Roucoules@ensam.eu](mailto:Lionel.Roucoules@ensam.eu)*

## Résumé :

*La représentation virtuelle 3D des produits évolue depuis plusieurs dizaines d'années vers une représentation de plus en plus réaliste pour prendre en compte des informations relatives à l'ensemble de son cycle de vie. Cette représentation virtuelle est alors enrichie de différentes informations métiers et permet d'interpréter certaines problématiques pendant la phase de création d'un produit et avant sa modélisation CAO finale pour accélérer son développement et les prises de décisions. Dans la plupart des cas, un designer industriel fournit un croquis du produit avant de lancer l'étape de conception dans laquelle intervient l'ensemble des acteurs métiers (matériaux, fabrication, ....). Les itérations entre ces acteurs et le designer sont basées sur des échanges souvent causés par ce que l'on appelle la diversité de forme du produit. Ceci engendre des échanges entre des fonctions d'usage, d'estime (ex : esthétique) et des fonctions techniques (ex : fabrication, recyclage...). Le design d'origine se transforme en modèles alternatifs permettant un compromis entre aspect et fabricabilité du produit. Cet article aborde l'apport de la représentation virtuelle d'un produit pour traiter les problèmes intermédiaires entre la diversité de formes (Design) et l'intégration des contraintes de fabrication tout en prenant en compte l'aspect utilisateur. Cette représentation est utilisée comme support décisionnel dans le processus collaboratif. Nous proposons de présenter la méthodologie reposant sur une approche systémique appliquée à la réalisation d'un produit.*

## Abstract:

*The Virtual Reality evolves towards more realistic representation of product. This virtual representation can be enriched with trades information and tend to an intermediate model to analysis some design problems. The article presents a case study in plastic injection in the domain of high quality tableware. It discusses the contribution of the virtual product representation in the forms diversity and use of user-centered design. This representation works on a decision support in the collaborative process. We propose to present the methodology used to realize an esthetic champagne bucket and the benefits of rapid prototyping to validate of features.*

**Mots clefs:** Design, représentations virtuelles de produit, conception centrée utilisateur, ergonomie, DFM, perception, simulation, prototypage rapide.

## 1 Introduction et contexte

La société AZTECH est spécialisée en conception de produits à travers son activité en ergonomie, design et ingénierie numérique. Elle s'étend jusqu'à la représentation virtuelle de produits grâce à des prototypes virtuels liés à son activité imagerie et animation 3D. AZTECH est principalement orientée vers la recherche de nouveaux produits ou procédés. Elle collabore depuis plusieurs années avec l'Université de Technologies de Troyes et le CER d'Aix-en-Provence d'Arts et Métiers ParisTech sur des thématiques complémentaires notamment l'émergence de produits personnalisés et le prototypage rapide. Ce paragraphe aborde l'apport de la représentation virtuelle d'un produit dans le traitement des problèmes de diversité de forme et la collaboration. Dans la plupart des cas, un designer fournit un croquis du produit avant de lancer l'étape de

conception-fabrication qui tient compte des contraintes propres au métier entre autres de la fabrication. Les itérations entre le concepteur-fabricant et le designer sont basées sur des échanges souvent nécessités par ce que l'on appelle la diversité de forme du produit. D'un côté, le designer propose une forme, et de l'autre, le concepteur propose une adaptation réalisable en intégrant des règles métiers propres à la fabrication, ce qui engendre des échanges entre une sensibilité esthétique et une sensibilité technique.

Des représentations virtuelles du produit permettent de valider cet aspect esthétique tout en intégrant l'impact de la fabrication afin de faire émerger le modèle CAO. Les délais se réduisent alors au niveau des prises de décision. Les représentations virtuelles deviennent alors un support d'échange.

De nombreux domaines utilisent des méthodes centrées sur l'utilisateur pour intégrer en amont des choix de conception adaptés aux utilisateurs. Nous constatons que la prise en compte des utilisateurs et de ses perceptions est primordiale pour la conception [1, 2]. La fabricabilité du produit étant aussi déterminante, plusieurs paramètres intrinsèques, liés au procédé, viennent s'ajouter au processus de conception. Cette connaissance liée au procédé de fabrication est difficilement perceptible par les utilisateurs finaux « grand public ». Nous introduisons une démarche collaborative étudiée à travers une vision globale de la problématique grâce à une approche systémique de conception. L'usage du produit par l'utilisateur final est au cœur du cheminement. L'étude a pour objectif de répondre à une problématique de traduction d'une demande personnalisée avant la phase de conception-fabrication sur un outil de communication sur Internet, nommée CREA FAB (Création Fabrication : [www.crea-fab.com](http://www.crea-fab.com)) [3] entre des profils d'utilisateurs (créateur, designer...) qui modélisent des produits en trois dimensions.

Les résultats de cet article présentent l'application industrielle d'une démarche de conception intégrant la fabricabilité du produit (Design For Manufacturing) proposé par les auteurs dans des recherches présentées en références. Ce cas d'étude industriel est adapté à des produits « grand public ». Les principaux concepts (mode de conception, cohérence de la chaîne numérique, méthodologies générales ...) seront mis en exergue.

## 2 Définition d'un utilisateur

Nous pouvons définir dans cette partie le consommateur comme utilisateur final du produit. Selon Danielle Quarante le concept de « design » contient une double notion : à la fois ce qui peut se projeter, se programmer, se préparer à l'avance et à la fois ce qui peut trouver une forme concrète, être un dessin, un modèle, un plan. Le grand public ne reconnaît que la deuxième notion (dans l'industrie, le design est perçu comme une activité technique permettant de trouver des solutions, ce qui est similaire à la notion de « conception »). Le concept d'utilisateur final se réfère ici à deux types :

**L'utilisateur final réel**, c'est-à-dire celui qui utilisera l'objet de façon personnelle ou professionnelle après son lancement.

**L'utilisateur final potentiel**, qui présente les mêmes caractéristiques que celles de la cible prévue. Il faut faire intervenir des participants représentatifs d'un type spécifique de cibles qui peut être représenté par une communauté.

Pour avoir une vision globale et pour arriver à donner forme à un produit, un chef de projet a besoin d'une approche multidisciplinaire (le design, l'ergonomie ou le marketing), où l'attente du consommateur sera déterminante pour l'ensemble du processus. En partant de cette caractérisation « le rôle du chef de projet est de tout prévoir dans la mesure du possible, afin que rien ne soit abandonné à l'aléatoire » [4]. Nous retrouvons un ensemble de tâches impactant le produit qui doivent être optimisées pour réduire le développement d'un système, de la création jusqu'à la fabrication du produit en passant par son merchandising.

## 3 Processus de conception centrée utilisateur

Le problème actuel lors de la création de produits n'est plus seulement de les mettre le plus rapidement possible sur le marché, mais aussi de faire en sorte de réduire le délai de leur acceptation par l'utilisateur. Il faut donc pouvoir anticiper cette acceptation pour proposer un produit correspondant aux attentes de futurs clients. Vadcard considère le processus de conception comme une transformation depuis l'idée jusqu'à un produit [5]. D'autres chercheurs étudient le processus de développement de produits consiste à engager les activités (et les tâches) et les services (les métiers) optimaux à la création et l'élaboration du produit [6]. Nous pouvons détailler le processus de conception centrée utilisateur (ou conception anthropocentrée) afin de

mettre en évidence la prise en compte du consommateur. Ce processus peut être décomposé en plusieurs phases selon [1, 8].

**Une phase de traduction du besoin**, lors de cette première phase du processus « la traduction du besoin », le besoin doit être identifié, exprimé puis validé par le client. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées afin de réaliser le cahier des charges fonctionnel.

**Une phase d'interprétation du besoin**, des choix et orientations en fonction, par exemple, de la stratégie du fabricant sont élaborés. Pour ce faire, une recherche technologique de concept, d'esthétique et d'usage est effectuée.

**Une phase de définition de produits** pour faire travailler ensemble les acteurs de la conception afin d'aboutir à un dossier produit qui servira de base à la construction d'un prototype reproductible industriellement.

**Une phase de validation du produit** qui est la dernière étape du processus de conception. Son objectif est de valider la conception du produit en construisant un modèle ou prototype reproductible industriellement. La conception centrée utilisateur (CCU) impose que le développement du produit soit guidé par les besoins des utilisateurs plutôt que par les possibilités technologiques. La CCU en tant que processus de développement inclut un ensemble de méthodes spécialisées, destinées à recueillir des entrées utilisateur et à les convertir en choix de conception. Si pour l'utilisateur un produit est un moyen de satisfaire un besoin<sup>1</sup>, pour l'entreprise, un produit est le fruit d'un (ou de plusieurs) processus. Des critères technologiques liés au savoir-faire et aux ressources disponibles déterminent la capacité du produit à être fabriqué dans des conditions conformes au cahier des charges. Ainsi, différents acteurs influencent directement ou indirectement le processus de conception : les concepteurs, les décideurs, les financiers et les services de commercialisation en amont ; les fabricants en aval [9]. Ce processus accentue la nécessité d'intégrer au plus tôt les méthodes et les outils de travail collaboratif.

## 4 Représentations virtuelles du produit dans un espace collaboratif

Les représentations virtuelles d'un produit sont un support de partage car les acteurs n'ont pas la même vision du produit en cours de conception. Les représentations virtuelle sont alors présentées comme un outil d'aide à la collaboration et à la décision en milieu industriel, mais aussi comme un facteur nécessaire auprès des futurs utilisateurs de produits [10]. La visualisation des difficultés techniques et la diversité de forme sont perceptibles plus facilement à travers un produit intermédiaire réaliste. La représentation virtuelle est un point de départ pour mettre en forme une création comme l'ébauche d'un nouveau produit. Le point commun reste le produit numérique qui subit des modifications successives sous une, ou plusieurs représentations virtuelles qui sont nourries de connaissances très diversifiées.

La collaboration entre les acteurs est principalement gérée par les représentations virtuelles du produit. qui facilitent la convergence multidisciplinaire [11].

## 5 Méthodologie appliquée à l'étude

La problématique d'échange entre un domaine esthétique et un domaine technique (ex : fabrication) est alors traitée dans un espace collaboratif. Cet espace est utilisé pour définir le produit et traduire la demande du designer avant de passer à l'étape de conception-fabrication. Nous avons choisi de collaborer à travers plusieurs modèles virtuels qui supportent les contraintes, comme la fabricabilité, et qui présentent l'évolution de la forme et des fonctionnalités du produit. Pour que le designer modélise l'ébauche d'un produit, nous utilisons un modèleur « intuitif » comme SketchUp qui est parfaitement adapté aux échanges de données sur Internet. Cet outil est en effet plus adapté pour créer des formes de « design » que les modèleurs CAO classiques. Pour formaliser notre démarche, nous avons utilisé l'approche systémique [FIG. 1] pour étudier les phénomènes liés à cette première phase de définition du produit dans son intégralité mais sous une forme simplifiée. L'objectif est d'obtenir une définition progressive du produit et de supprimer toutes itérations pour diminuer le temps de développement d'un produit.

---

<sup>3</sup> L'Afnor (l'association française de normalisation) définit le besoin comme ceci : « Nécessité ou désir éprouvé par un utilisateur. » [NF X 50-150, 1990]. Il peut être explicite ou implicite, existant ou potentiel [www.afav.eu].

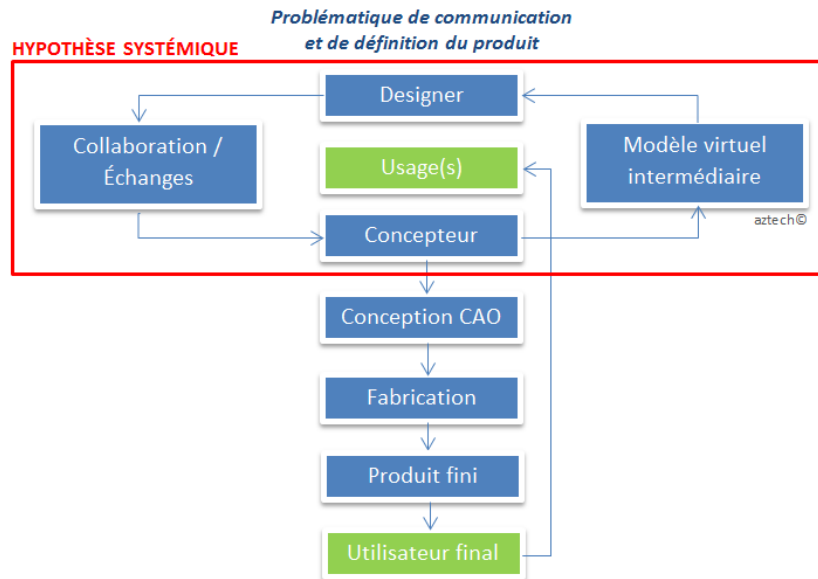


FIG. 1 – Approche systémique et hypothèse systémique.

## 6 Étude de cas : Seau à Champagne

Cette étude de cas vise à illustrer la démarche de conception d'un produit à travers un exemple industriel issu d'une PME qui conçoit et fabrique des seaux à Champagne.

### 6.1 Imaginer un design industriel et intégrer des fonctionnalités d'usage

L'origine d'un produit passe par une phase de création. Cette phase est plus ou moins complexe à cause du cheminement qu'elle peut prendre. Elle peut revêtir différentes formes comme la création d'un produit totalement original qui proviendrait de sa propre imagination ou par d'autres techniques comme le mimétisme de formes. C'est une phase qui ne doit subir aucune contrainte mais qui doit également correspondre à un besoin car l'objectif est d'obtenir un produit réaliste et commercialisable.

La proposition du design du seau à champagne passe par deux contraintes :

- une contrainte économique et géographique dans le cas de la société AZTECH : la région Champagne-Ardenne ;
- une contrainte d'originalité.

La forme du produit repose sur objet existant qui pourrait ressembler à un seau si nous le retournons. Nous nous sommes inspirés d'un chapeau Napoléon (FIG. 2) pour en extraire des courbes basiques facilement exploitables.

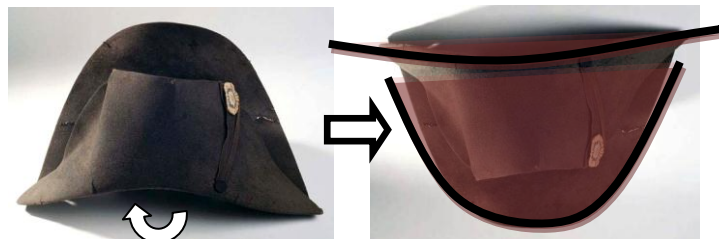


FIG. 2 – Exemple Chapeau Napoléon.

À partir de cette ébauche et des premiers éléments géométriques, le designer industriel peut générer plusieurs formes de seaux (FIG. 3). Plusieurs fonctions d'usage ont été ajoutées au modèle et peuvent être définies sur la base de :

- contenir une bouteille de champagne,
- tenir sur une table ;

- porter des coupes de champagne, c'est-à-dire une fonction réciproque qui peut créer un besoin et devenir indispensable (partagé par tous).

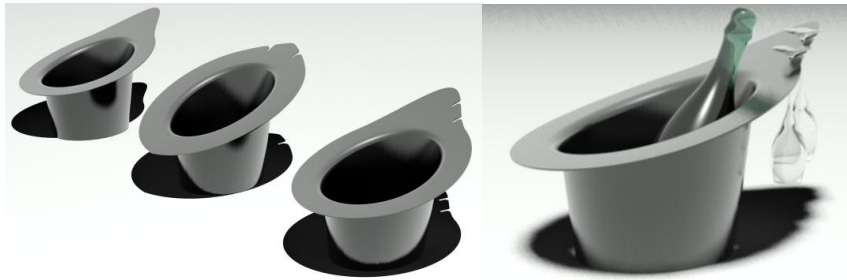


FIG. 3 – Première diversité de forme design. FIG. 4 – Ajout de fonctions induites : porter des flûtes

Cette dernière fonction est issue du client final qui est basée sur un constat et inspirée par l'observation de l'usage de produits équivalents. Nous pouvons observer qu'un seau à champagne est souvent proposé sur un plateau qui porte également des coupes ou flûtes. L'utilisation d'un plateau est une fonction supplémentaire que nous pouvons définir comme contraignante en terme d'utilisation et de coûts additionnels. Une réponse est l'ajout d'encoches pour trouver un emplacement adapté (FIG. 4) et augmenter l'ergonomie du seau (application de la prise en compte de l'utilisateur dans la conception du produit). Cet élément est à la portée d'utilisateurs qui ne perçoivent pas les aspects techniques de conception et de fabrication du produit mais qui peuvent apporter une expérience. La définition de profils utilisateurs capables d'agir sur la définition d'un produit pour l'émergence de produits « grand public » est un sujet abordé dans la thèse de l'auteur [12]. L'importance du prototypage rapide pour valider les fonctionnalités et l'esthétisme du produit est détaillée dans un guide « Introduction au prototypage rapide par ajout de matière » (Guides Micado). Dès la phase de création du design industriel, plusieurs règles métiers liées à la fabrication (par exemple la plasturgie) influencent également la forme du produit.

À ce stade du processus de conception, une première représentation virtuelle est définie au sens de « l'usage » et modélise les contraintes de l'utilisateur « au juste besoin ». Contrairement aux approches de conception couramment enseignées et utilisées en milieu industriel, fortement centrées sur un unique modèle CAO, nous obtenons ici un modèle intermédiaire incomplet qui sera confronté à d'autres représentations (modèles) virtuelles, entre autres celui issu de la fabrication du produit ; les détails de cette approche peuvent être trouvés dans [13].

## 6.2 Implication de la fabricabilité sur le modèle intermédiaire

Après avoir déterminé la première forme d'un produit (qui peut être influencée par une approche subjective propre aux choix des intervenants) [14], nous intégrons en amont, dès la phase de création, des règles métiers propres à la plasturgie (approche DFM). Cette phase est gérée par le concepteur dans l'analyse d'ingénierie qui traite des données techniques peu perceptibles par l'utilisateur final et par certains designers. Sans détailler les différentes données liées aux règles métiers (dépouilles ou influence du plan de joint...), nous montrons principalement l'influence du procédé sur la forme du produit. Tel que présenté dans [15], toute opération de fabrication peut être modélisée par un flux de matière, ce qui permet de modéliser la représentation virtuelle au sens de la fabrication par des squelettes et des peaux de fabrication. Nous réalisons cette modélisation et par la suite une simulation d'injection plastique pour valider le remplissage du seau à champagne (FIG 5). La simulation montre que l'injection du matériau jusqu'à l'extrémité de la forme est particulièrement délicate. La forme doit être modifiée pour être adaptée et cohérente aux contraintes du procédé de fabrication.

Après une étape de représentation au sens de la fabrication du produit les deux représentations virtuelles sont mises en cohérence par propagation des relations entre les paramètres de la représentation d'usage et ceux de la représentation de fabrication sans violer les contraintes (zones en pointillées) de la représentation d'usage (FIG 5). Ceci correspond à la mise en relation des différentes vues du produit tel que proposé dans [16] par des modèles de produit multi-vues. Les caractéristiques de chacune des représentations sont mises en relation par des contraintes.

## 7 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons présenté la place de l'utilisateur dans la conception de produits et la nécessité de ses représentations virtuelles pour analyser les diversités de formes lors de la phase de création jusqu'à la phase de conception-fabrication. La représentation d'un premier modèle virtuel permet de vulgariser l'approche technique du produit pour que l'utilisateur final puisse se projeter sur une forme de produit qui lui convient. Nous spécifions deux diversités de forme liées à l'étape de création et de design, et l'influence de la fabrication. L'intérêt de l'étude est l'intégration d'un modèle virtuel intermédiaire capable d'évoluer vers une définition du produit à travers des échanges collaboratifs. Dans notre approche systémique, la fabrication du produit est traitée en même temps que la phase de détermination de sa forme. L'étude présentée est utilisée pour évaluer et développer un outil collaboratif capable de soutenir et guider la phase de création d'un produit. Cet outil a pour objectif de traduire une demande et de définir un produit sur la base de sa forme et de ses fonctionnalités tout en répondant à des contraintes métiers et d'utilisation avant la phase de conception et de fabrication.

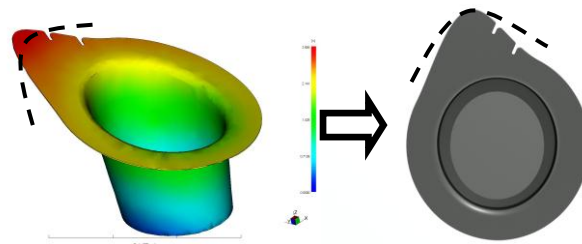


FIG. 5 – Deuxième diversité de formes de fabrication

## Références

- [8] Aoussat, A. 1990. La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle. LCPI. Paris, ENSAM. PhD manuscript (1990).
- [10] Fischer, X. and Troussier, N. 2004. La Réalité Virtuelle pour une conception centrée sur l'utilisateur. *Mécanique & industries*. 5, 2 (2004), 147–159.
- [12] Gardan, J. 2011. Application à l'usage d'un dérivé du bois en prototypage rapide pour l'émergence de produits "grand public", Thèse de l'Université de Technologie Troyes.
- [3] Gardan, J. and Roucoules, L. 2009. Une application à l'usage du bois en conception de produit. *19ème Congrès Français de Mécanique*, Marseille. (2009).
- [14] Girard, P. 2001. Analyse des décisions en conception. *Techniques de l'ingénieur, traité L'entreprise industrielle*, AG2220, (2001).
- [11] Guerlesquin, G., Mahdjoub, M., Bazzaro, F. and Sagot, J.C. Virtual reality as a multidisciplinary convergence tool in the product design process. *Journal of Systemics, Cybernetics & Informatics*, Vol. 10 Issue 1, p51. 2012.
- [1] Mantelet, F. 2006. Prise en compte de la perception émotionnelle du consommateur dans le processus de conception de produits, *Thèse Arts et Métiers ParisTech* (2006).
- [2] Poirson, E. 2005. Prise en compte des perceptions de l'utilisateur en conception de produit. Application aux instruments de musique de type cuivre, *Thèse de l'Université de Nantes*, (2005).
- [4] Quarante, D. 2001. Eléments de design industriel. Lavoisier. *Genie & construction mécanique*, (2001).
- [6] Tollenaere, M. 1998. Conception de produits mécaniques: méthodes, modèles et outils. Hermès. *Conception de produits mécaniques* (1998).
- [9] Ullman, D.G. 2002. The mechanical design process. *Collection Mechanical engineering*, McGraw-Hill. Third édition ISBN 0-07-237338-5, (2002).
- [5] Vadcard, P. 1996. Aide à la programmation de l'utilisation des outils en conception de produit. *Thèse de l'ENSAM*. (1996).
- [13] Roucoules L., Contribution à l'intégration des activités collaboratives et métier en conception de produit. Une approche au juste besoin : des spécifications fonctionnelles du produit aux choix des procédés de fabrication, *Habilitation à Diriger des Recherche de l'Université de Technologie de Compiègne*, 2007.
- [15] Design and manufacturing interface modelling for manufacturing processes selection and knowledge synthesis in design, Skander A, Roucoules L., Klein Meyer JS, dans *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-007-1003-2, n°37, 2008.
- [16] CoDE: a Co-operative Design Environment. A new generation of CAD systems, Roucoules L., Tichkiewitch S., *Concurrent Engineering Research and Application Journal*, Vol.8, n°4, pp 263-280, December 2000.